

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2712838号

(45) 発行日 平成10年(1998) 2月16日

(24) 登録日 平成 9 年(1997)10月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 K 20/12

識別記号

庁内整理番号

F I

B 2 3 K 20/12

技術表示箇所

A

D

請求項の数 9 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-509944

(86) (22) 出願日 平成 4 年(1992)11月27日

(65) 公表番号 特表平7-505090

(43) 公表日 平成 7 年(1995) 6 月 8 日

(86) 国際出願番号 P C T / G B 9 2 / 0 2 2 0 3

(87) 国際公開番号 W O 9 3 / 1 0 9 3 5

(87) 国際公開日 平成 5 年(1993) 6 月 10 日

(31) 優先権主張番号 9 1 2 5 9 7 8 . 8

(32) 優先日 1991年12月 6 日

(33) 優先権主張国 イギリス (G B)

(73) 特許権者 999999999

ザ ウェルディング インスティテュー  
ト

イギリス国, シービー1 6エイエル,  
ケンブリッジ, アビントン, アビントン  
ホール (番地なし)

(72) 発明者 トーマス ウェイン モリス

イギリス国, シービー9 9エヌティ  
ー, サフォーク, ヘイパーヒル, ハウ  
ロード 6 番地

(72) 発明者 ニコラス エドワード デビッド

イギリス国, シービー9 0ディーエイ  
チ, ケンブリッジ, サフォーク, ヘイパ  
ーヒル, アボッツ ロード 106番地

(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

審査官 金 公彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結合領域 (2) で加工物 (1A, 1B) を結合する方法において、  
結合領域 (2) 及び結合領域の両方の側部の加工物の対向部分に、加工物の材質より硬い材質のプロープ (3) を挿入させ、  
プロープと加工物の間に相対的な循環運動を発生させ、摩擦熱が発生して対向する部分に塑性状態を生じさせ、  
プロープ (3) を取り外し、  
可塑性部分を凝固させて、加工物同士を結合することにより、  
加工物の間の相対的な移動なしに加工物を結合することを特徴とする摩擦溶接方法。

【請求項2】 結合領域 (2) は加工物の間に横方向に伸びて細長く、結合領域の方向に対し加工物とプロープの

間に相対的な並進移動を生じる請求項1記載の摩擦溶接方法。

【請求項3】 プロープ (3) は、加工物 (1A, 1B) の全厚さにわたって伸びている請求項1又は2記載の摩擦溶接方法。

【請求項4】 プロープ (3) の長手方向は、結合領域と実質的に交差し、かつ結合領域を規定する加工物の側部にほぼ平行である請求項1～3のいずれか1項記載の摩擦溶接方法。

【請求項5】 プロープの長手方向は、結合領域に平行な面に対してほぼ直交する請求項1～3のいずれか1項記載の摩擦溶接方法。

【請求項6】 加工物は、分離された部材を含む請求項1～5のいずれか1項記載の摩擦溶接方法。

【請求項7】 プロープは、その長手方向にほぼ平行な方

向に循環運動を行なう請求項1～6のいずれか1項記載の摩擦溶接方法。

【請求項8】循環運動がレシプロ運動である請求項7記載の摩擦溶接方法。

【請求項9】プローブの断面がほぼ円である請求項1～8のいずれか1項記載の摩擦溶接方法。

【発明の詳細な説明】

(発明の属する技術分野)

本発明は2つの加工物を結合するための摩擦溶接に関し、加工物に作用して、例えば部材を加工物に結合したり、クラックを修理したりすることができる。

(従来の技術)

摩擦溶接は長年知られており、代表的には1組の加工物の間において相対的な動きを生じさせ、塑性領域を生じるように加工物を合体させ、当該相対的な動きを止めて塑性領域を凝固させることにより、加工物を結合するものである。

また、最終結合製品の一部を形成しない「非消耗」部材の使用によって加工物を結合することが従来より提案されている。このような従来の一例が米国特許第4,144,110号に示されて、それには2つの加工物が、塑性領域を発生させる回転ホイールについて合体することが開示されている。また、そのホイールが結合領域に沿って溶接されるように、2つの加工物はホイールに対して相対的に並進される。直線的に継合された金属パイプを溶接するための類似の技術がSU-A-1,433,522及びSU-A-1,362,593に開示されている。これらのすべての場合における問題点は、熱せられた領域が合体される加工物又はパイプの側部から移動し、そのような技術では例えばアルミニウムにおける塑性領域の酸化を防ぐために雰囲気注意到意して制御することが必要である点にある。

日本国昭和61年特許出願公開第176484号には加工物の対向する面の間に位置付けられて加工物の中及び自身の中に塑性領域を発生させる「消耗」スピニングプラグを使用する技術が開示されており、加工物が合体するとスピニングプラグが塑性領域の中に蓄積され、それによって結合の部分の一部を形成することが必要で、プラグの材質が加工物の材質とコンパチブルであることを保証しなければならない。

本発明の1つの実施例によると、加工物を処理する方法は、加工物の連続した表面、又は実質的に連続した表面に加工物の材質より硬い材質のプローブを提供し、プローブと加工物を突き合わせながらプローブと加工物の間に相対的な循環運動を生じさせ、プローブが加工物の中に入って摩擦熱を発生させ、加工物の材質の塑性領域を発生させ、循環運動を止めて、塑性材料をプローブのまわりで凝固させることからなる。

この新しい技術は加工物とプローブを結合する大変簡単な方法を提案する「摩擦突き合わせ溶接」を提供する。この方法はクラックや、加工物の中でクラックに類

したものを修理したり、加工物にスタッドやブッシュのような部品を結合するために使用され得る。

好ましくは、加工物に入り込むプローブの少なくとも一部分は凝固される材料に入り込むように例えばテーパ一状に形作られている。

この技術は、加工物の結合に、または例えばパイプやクラックされた材料の加工物の対向する面の結合に応用できる。

本発明の第2の実施例によると、加工物の間に結合領域を規定し加工物を結合する方法は、加工物より硬い材質のプローブを結合領域及び結合領域の両側の加工物の対向部に挿入し、プローブと加工物の間に相対的な循環運動を起し、摩擦熱により対向部を塑性状態にし、プローブを取り外し、そして塑性領域を固化して加工物を一体に結合する。

この技術は「摩擦突き合わせ溶接」と呼ばれ、前述の従来の問題点を有していない「非消耗」プローブを用いて多種の加工物に適用される。特に、加工物は互いに向き合って通常押しつけられず、単に、プローブの移動中に結合領域から離れる動きが制限されるだけである。プローブはプローブに隣接した加工物の部分を可塑性化し、プローブの取り外し又は並進運動後はただちに合体して凝固する。よって、酸化及びそれに類した問題は解決される。

この方法は、共通の面に沿って加工物を結合するために使用され得る。加工物の間の部分領域を離散的に加熱し、冷却すると、部分的な活性領域の移動に伴って共通の結合が達成される。特に、この方法は、2つの突き合わせ面の混合に帰着し、多くの場合、材料の真の融点より低い温度で行われる。

材料は金属、合金又はMMCのような合成材料、あるいは熱可塑性樹脂のような樹脂材料で可能である。

いくつかの場合で、加工物は結合領域に沿ってスペースを置いた位置で結合され、1つの点から取り出されたプローブは次の点へ移動され、そして加工物の間に再挿入される。好ましくは、結合領域が加工物の間の横方向に伸びた細長い大きさを有するとき、この方法は結合領域の方向に加工物とプローブの間の相対的な動きを生じる工程を含む。

その方法の一例として、実質的に非消耗のプローブが突き合わせ結合の形状での結合される材料の間に挿入され、そして摩擦熱を作るために回転される。十分に加熱すると、結合される両方の材料による塑性領域がプローブの周囲に形成され、回転プローブを結合線にそってゆっくりと横移動すると、塑性材が結合にそって拡散する。冷却すると、塑性材は加工物を所望のとおり結合する。

いくつかの例で、プローブは細長い軸を有し、かつ細長軸に平行な方向でレシプロ移動のような循環運動を行う。プローブは結合される加工物をに沿って動かされ、

又はその位置に取り残される。

これらのすべての方法で、プローブは断面がほぼ円である。

他の例として、プローブはほぼテーパ状のシリンダーの形であり結合の一端から挿入され、プローブの深さに可塑性領域を形成する。

更に、他の例として、プローブのブレードは全厚みの方向で往復運動され、結合の熱を作り、結合線に沿って移動すると可塑性材がブレードに沿って通過し、冷却すると結合が固化する。

好ましくは、可塑性材は加工物の表面にぴったりとフィットするキャップ又はシュー (shoe) により結合領域から突き出すことを防止される。更にプローブの方法において、プローブは電気抵抗 (ジュール) 熱のような他の手段により摩擦前に熱せられる。後者の場合に、プローブは薄いブレード又はナイフの形状で、結合線に挿入されて、上述のごとく、摩擦により、加熱された塑性領域を形成する。冷却すると加工物は結合線に沿って結合する。

本発明のひとつの長所は、深さ、つまり加熱され又は塑性化される深さが正確に制御され、事前に知れることである。

他の長所は突き合わせた表面がプローブによって直接に処理され、結合面での結合不足 (平らなスポット) が本質的に最小又は防止されることである。

本発明に係る方法の更なる長所は、与えられた工具が無制限に長いシームに適応でき、比較的深い結合が1回のパスで達成されることである。

(発明の実施の形態)

以下、本発明の実施の形態例を図面に基づいて説明する。

図1に示す実施例において、1組のアルミニウム合金プレート1A, 1Bが結合線2に対して互いに突き合わされている。上部5と下部6の間に位置し、小さな中央シリンダー部分4を有する鉄製の非消耗プローブ3はプレート1A, 1Bの間の結合線2の端に位置決めされる。プローブ3はモータ7によって回転し、一方プローブは進行方向8に向かって進み、プレートはプローブ3が離れるとき横方向に移動しないように保持される。回転するプローブ3は鉄製の「ペンシル」部分4の回りに高い可塑性材の部分領域を作り、一方上部と下部の押圧は部品5, 6によってなされる。

部品5, 6の押圧面は、結合されるプレート1A, 1Bに密着して、可塑性ゾーンから材料が失われることを防いでいる。回転するプローブ3又はボピンは面5A, 6Aの間のギャップ (ほぼ3.3mm) を持ち、図2Aに示すように1ピースで製造することができる。

あるいは、図2Bに示すように、ボピンは取り外し可能で、2つの部分5, 6' は例えば止めピン9によって結合される。このために、結合される突き合わせたプレート

にピンの直径に一致する穴をドリルで開け、ボピンの2つの部品5, 6' が固定の前にシートにしっかりと結合することが好ましい。更に、ギャップは結合されるプレートの厚みの誤差に対応するように適切なカムレバーまたは偏心 (図示せず) によって短い距離だけ調整可能とする。ボピンの構成部品には適当なバネの応力がかかけられ、プレートの厚みのわずかな変動にもかかわらずしっかりと結合が保持される。全ての場合、結合されるために突き合わされたプレートに適切な穴を前もって開けることを避けるために、適切な進行 (及び退行) タブが利用される。例えば結合される材料と類似の材料によるスプリットピースが回転手段のピンの回りに固定され、かつ結合されるプレートの先端に押圧される。可塑性材が形成されると、逃げのスペースは最小となり、一様なゾーンが結合される結合線の全長にわたって形成される。

ボピンの突き合わせ面5A, 6Aは直角に機械加工することが好ましいが外側の端を少し面取りしてもよい (図2A参照)。使用中、上部と底部の面が面とりの上の面の直径に幅が一致する、光沢のあるゾーンによって、視覚により、結合される材料と良い接触であるかどうかを観察できる。もしくは、特にバネ応力の例において、面は0.1mの値またはそれ以上の半径でわずかに半円形にされており、バネ応力が印加される接触ゾーンが十分な幅をもたらす。好ましくは、この接触ゾーンの幅は可塑性材を生成するピンの直径より少なくとも50%以上大きい。

上記の適切なボピンにより回転手段はスプライン (sp line) を介して駆動され、それは結合される材料に従って浮上する。より適切なジグにより前もって機械加工した部品を使用すれば浮上するヘッドは必要でなくなりブリセットボピンが使用できる。

2つの部品のボピンを用いる前述の方法を介する結合が定格値で3.2mmの厚さのアルミニウムシリコンマグネシウム合金 (BS6082) に対して第3図に示されている。熱に影響されたゾーンの全体幅は面取りされたボピン上の結合ゾーンに対応するほぼ9mmの幅である。このために直径6mmのピンが1500rpm (約0.47m/sの円周速度) で回転され、かつ1分当り370mmで結合線に沿って移動される。ボピンの接触面が熱入力及び回転ピンにより提供され可塑性ゾーンに対応する加熱に貢献する。低回転速度では移動速度も遅くなり、例えば800rpmでは、適切な移動速度は1分当たり190mmである。過度の移動速度は可塑性材の硬化の形成の欠陥をもたらす。

図4に示すように、可塑性材は回転プローブ4の回りをスweepし、空間が側部に形成され、そこでは回転面は結合線に沿う移動と同じ方向に移動する (進行端)。他方の領域、特に回転方向が進行方向と逆の側で、結合ゾーンに可塑性材を充填して完全に固化させることは困難ではない。

図5は結合線2に沿って通り、可塑性材を形成するレ

シプロブレード11から熱を発生する本発明に係る別の方法を示す。前の実施例と同様に、機械的な動きが可塑性材で摩擦熱を生じ、ブレード11の先端から終端に流れ、冷却されると結合される材料の間の結合が完了する。ブレード11は一方の側のみからは往復運動するか、または材料の両側の2つの同期ヘッドの間で往復運動する。突き合わせた結合をなすために、プレート1A、1Bは接触して配置されるが一般に結合線に沿ったブレード11の移動の前には、突き合わせ負荷をかけない。もし必要ならばガードプレートを結合ゾーン上と下にもうけ可塑性材に過大な偏移を防ぐ。また、いくつかの材料の場合には、ブレードの長さ方向に電流を流してブレード11を予熱し可塑性ゾーンでの急速な機械剪断による熱に加えることができる。

単純な薄い長方形のブレード11の利用が原則として可能であるが、レシプロブレードの場合には断面を整形し、比較的狭い楔形の後端を持つことが好ましい。ダブルウェッジの楔形の輪郭が図6のaに示されており、ここで移動方向の全長は好ましくは幅の5～15倍に相当する。幅はできるだけ小さく例えばおよそ1mmであり、機械的な力に耐えるために及び特に曲がらないために250～300℃の間の熱可塑性の融解点の温度でブレードは十分に強い材料で作られる。例えば工具鋼鉄または他の硬い鋼鉄を所望の形状や光沢を得るためにみがかれた表面をみがくことができる。ブレードは結合ゾーンから過度の可塑性材を除去するためにガードプレートを介して通ることができ、これらのガードプレートは工具鋼鉄で作ることができ、PTFEのような低摩擦抵抗材料と並べる。ダブルウェッジの楔形は共通の結合線に沿って両方向に移動することに対して特に有用である。

単一ウェッジの楔形は図6のbに示され、好ましくは全体の長さは幅の3～10倍に相当し、先端は丸い。この形は直線の結合線に沿って移動終端が丸いとき、また相対的に大きい半径の曲線に沿って結合するときに使われ得る。曲線結合のための別の形が図6のcに示されており、後端は結合線の湾曲にほぼ対応する部分で曲げられている。

レシプロブレードにおいて偏移は好ましくは結合される材料の全体の厚みの半分より小さいかまたは等しい。6mmのプレートの場合には±3mmより小さい。ストロークが大きいと結合から材料の過度の損失を導き、そして空間または孔を結果として生じる。可塑性材はブレードにくっつく傾向があり、厚さの方向にレシプロ運動により引いたり押したりされる。ブレードの可塑性材の蓄積が避けられまたは最小になるように操作条件が選ばれる。

レシプロ運動の周期は振幅及び結合される材料に従って決定する。好ましくは中央のストローク位置での最大（正弦曲線）速度は0.5m/s～5m/sである。ポリエチレンやPVCのような材料において好ましい速度は0.75m/s～4.5m/sの間である。高速な速度はより熱を生じ、かつ熱可

塑性材が変質することとなる。

結合の初期の助けのために、レシプロブレード11は摩擦動作に先立って予熱しておく。任意の方法の使用が可能で、ブレードのジュール熱を使用でき、熱ガスによって熱し、又は使用前に前もってブレードを予熱されたシースに保管する。またブレードは使用中に機械的な動作を介して熱エネルギーを発生させると共に電氣的に熱せられる。

アモルファス熱可塑性材—ホワイtpポリエチレン—が6mmの厚さの材料として図7に示されている。このために、ブレードのストロークは約47Hzでおよそ±3mmで、0.88m/sの最大正弦曲線の中央のストローク速度を与える。突き合わせ結合は、 $3\text{mm}^2/\text{s}$ の結合構成率（単位時間当りの深さ及び長さ）を与える30mm/mの速度で成される。これは、従来使用され、かつこの厚さでは数回の通過を必要とする熱ガス溶接技術より優れていることを示している。突き合わせ結合溶接の簡単な張力の試験では親材料のみの場合の50%以上の強度を示している。また、結合は実質的に気孔、又は平らのスポットエリアがなく、かつ突き合わせ結合の上部及び底部の上に狭いビードを生じることがわかる。ビードの輪郭は、熱突き合わせ技術によって結合される熱可塑性材で共通に見られる中央凹角を示していない。

半結晶、PVCで突き合わせた結合が、30mm/mの移動速度のポリエチレン材の場合と類似の状況下で、6mmの厚さのプレートに行なわれた結合が図8に示されている。再び簡単な張力の試験では、上部及び底部のビードに良い輪郭を有し、材料の50%以上の強度を示す。図8の断面は熱に影響された材料の流線と、可塑性材が結合を形成したゾーンに相当する部分を示す。より高速な動作も可能であるが、90mm/分を越えると結合部に孔又は隙間が発生する。

レシプロブレードを用いた熱可塑性材での異なる結合の多種の例が図10に示されている。重ねたプレート間の単純なシールが図10のaに示されており、実線12はブローブまたはブレードが移動した線を示している。またこの方法は類似した厚みの2つのプレートの結合として図10のb、cに適用することもできる。図9aは、図10aと同様の結合で、6mmの厚さのクリアPVCに図7と同じ動作条件のストローク±3mm、周波数47Hzで実施した場合の実際の結合部を示す。移動速度は、全体の厚さが12mmではあるが1分当たり30mmであった。

結合又はシールに対する他の配列が図10のeに示されており、2つの3mm厚のプレートが突き合わされて1つの6mmの厚みのプレートに結合されることが図10のeに示されている。クリアPVCのようなクリアな樹脂では結合品質の検査を可能とする。これは図9bにマクロ断面図として示されている。更に他の結合が図10のdに示されており、ここでは、プレートの端部が大きな結合領域を与えるように反り上がっている。ここで、ストローク

は、約53Hzの周期で±13mmであり、約4.3m/sの最大速度を与える。40mm/mの移動速度を用いて全体の結合率は突き合わせ断面に対し約20mm<sup>2</sup>/sである。

最後に図10のf（図9c）には20%の短いガラスファイバを含有するファイバ補強ポリエチレンの間での結合が示されている。図7の場合と同様の条件で6.5mmの厚さの材料に対し30mm/mの移動速度で使用されている。材料の50%の値、又は平な非補強ポリエチレンの約80%の結合強度が得られた。

これらの張力の強さの数値は溶接された試料に対応しており、パラメータの他の組み合わせにより親材料の強さに近い最適の結合強度が得られる。

図11は結合強度を増す別の実施例を示し、同じレシプロブレード11により結合領域15を定める斜めの端13A、14Aを有する2つの突き合わせプレート13、14をスカーフ結合する。また、この構成はローラ16、17により2つのプレート13、14を位置決めし拘束位置から引っ張る傾向を与える。

適切な結合条件下ではレシプロブレード11の移動方向の端の負荷が相対的に少なく、従って簡単な移動メカニズムにより一定の動きを保持することができる。

特に10mm以下の薄いプレートの場合には、突き合わせた、または重ねた可塑性材との結合を達成するために、通常のジグのこぎりに似たハンド工具を用いることが可能である。湾曲結合の場合には、図6のcに示す形の1mm×4mmのような小さい縦の寸法の相対的に薄いブレードが望ましい。またそのようなハンド工具はキャタピラ型クローラートラックに適用可能で、一定の前方向速度を保持することができる。トラックはトラック面にゴムを注入され、または部分的に空になって、可塑性材の表面に対する索引及び接着を改善している。

図12に示す例では、非消耗手段は先端にわずかにテーパ状のシリンダー型のプローブ18を有し、該プローブはプレート1A、1Bの間に挿入されるが、図12のbに示されているように結合される材料の厚さまで完全に伸びていない。突き合わせの溶接処理後のプレートの表面の外観が上部の面に対し図12のcに示されている。

プローブの形状は重要である。単純な円錐状の点（図13のa）は突き合わせたプレートに比較的簡単に挿入することができるが、プローブの頂点近くの塑性領域が細くなっている。代わって、図13のbに示すように剪断された円錐の場合には、好ましくは結合された突き合わせプレートに前もってドリルで開けられたくぼみを必要とする。好ましくはプローブは図13のcに示されているような鈍い鼻（nose）を有するほぼテーパ状のシリンダー状の形状である。これはプレートに対して押圧されるプローブを可能とし、結合線に沿って移動するプローブの回りの可塑性ゾーンを形成する。

図12に示す方法によって作られる6mmの厚みのアルミニウム合金のプレートの間での結合において、プローブは

1分当り240mmで結合線に沿って移動し、850rpmで回転する。1000rpmのような高速回転速度は1秒当り300mmの高い移動率を可能にするが、移動率が高いと、図1の平行に並んだ配置の場合に一端に沿った穴が発生する。代わって、回転速度は移動率に対応して300rpm以下に減らすことができる。アルミニウムシリコンマグネシウム合金（BS6082）における1秒当り4mm（1分当り240mm）の与えられた移動率の場合に、440rpmと850rpmの間の回転速度において満足に得られる。

図14aにはプレート1A、1Bの対向面に提供される手段18に類似した非消耗の1対の手段20、21の組が示されている。手段20、21は互いの方向に押しつけられ、プレートが位置決めされた位置に締めつけられるように移動方向に移動し、プレートの外側に面する表面と非消耗手段の間のインターフェースの面で過度の熱は生じない。代わって、図12の方法は結合されるプレートの各側部で別々に実行される。前述した両面溶接の一例が同じアルミニウムシリコンマグネシウム合金に対し図14bに示されている。動作条件は各側部において850rpmで1分当り240mmでの移動であった。

単一に終端されたプローブの接触面22は、ほぼ正方形で、または好ましくは外側の端部に小さい面取りを有している。適切な負荷または回転プローブの位置決めが、プローブの面が広いが薄い材料の層に接触することによりプレートの表面の外観によって行われる。代わりに、回転部材の面は図2のボビンの面のようにわずかに半円形になり得、付与される負荷で接触面の面エリアはプローブそのものの直径より少なくとも50%以上広がる。プローブ直径の3倍までの接触ゾーンの増加が許容されることがわかる。薄い材質においては4または3mmに減少されたプローブを使用することが好ましい。また、プローブの直径が小さい場合には、意外にも好ましい回転速度は移動率と共に減少する。3.3mm直径のプローブを持つ例として440rpmの回転と1分当り120mmの移動が良い。

これらの場合、プローブ面22のわずかなテーパはほぼ2°でなる。

図1、図5及び図12に関する方法は与えられた材または構造物のクラックの突き合わせ面の結合を提供することができる。クラックは溶接に隣接する材料での、あるいは溶接そのものの熱に影響されたゾーンに存在する。図12の方法は部分的なクラックに一般的に適しているが、原則としては図5に示す厚さ全体に対する方法を利用される。この技術は本質的にすでに説明したものに類似しており、好ましくは、プローブは、クラックインターフェースに沿って通過する前に親材料のなかに（少なくともクラックの深さにまで）挿入され、摩擦熱により可塑性領域を発生し、冷却してクラックが存在した部分を固化する。移動方向でのクラックの端は多種の方法で固められ得る。例えばプローブを内部に残すことがで

き、又は、パスを逆方向で作り、はじめのパスで重ねて、逆方向のパスの終りがオリジナルのクラックの跡から離れた領域にあるようにする。

摩擦熱を生じるために工具を移動することなく部分的な結合又は溶接をなすための類似の技術は材料の片面に適用されるプローブを利用できる。ここで例えば形成された可塑性材が、共通のインターフェースに沿って断続的に2つの部材を結合するために利用できる。同様の方法でクラックは1または1以上の領域で長手方向に沿って部分的可塑性になった材料によって補修することができる。これらの例においてプローブは形成された可塑性材によって囲まれた内部に残すことができる。好ましくはこの構成で、プローブはコレット形状としプローブによって移動した可塑性材の過大な分散を防止する。

更に、図15に示すように、単一の場所に部分的な可塑性ゾーンを形成するプローブ24はリエントラント領域25を有し、材料の中にプローブを挿入した状態で可塑性材がリエントラント領域の中に流れるようにすることができる。冷却するとプローブはプローブの材料と回りの可塑性材の間の冶金結合とは別に材料によって閉じ込められる。好ましくはプローブは更なる熱を提供するためにかつ形成された可塑性材の過度の分散を防ぐために図12及び図13のように肩部26によって支持される。

また、前述の技術はハードで／硬い材料のプローブをソフトで／薄い材料に挿入して弱い材料に他の部材を固定するために利用することができる。挿入のためのブッシュまたはスタッドに適合されるプローブ27の例が図16に示され、これは親材料より硬くまたはより耐久性がある。

可塑性材が親材料の中に挿入され分離された部材から摩擦によって熱を生じ、冷却して材料を凝固すること、または部材を囲んで材料の中に閉じ込める技術は本発明の範囲内である。

全ての実施例で、溶接処理の結果はプレートの表面上で非常にスムーズであり、これは本発明の特有の効果である。これは非消耗のプローブの表面上にフェロドブレーキ材料を提供することによって改良され得る。典型的には、非消耗材の回転速度は300～600rpmの間であり、加工物の移動率は1～6mm/sの範囲内である。典型的には非消耗材は鉄合金で作られる。

試料を作成し、機械的な張力及びハンマー曲げ試験、冶金学的評価を行い本発明の実用性が証明された。

本発明の効果は次のように要約される。

非消耗な技術、

無制限な長さの連続性、

準備が不要、

合理的でスムーズな仕上げ面、

良好な機械的特性、

硬い面、  
ねじれが少なく、  
制限された軸負荷、軸方向のフィードがなく軽い接触、

キーホール技術、  
KAT駆動による携帯型装置、  
結合は一端からなされ得、  
使用も簡単、  
低コストの装置、  
急冷却5Gポジション。

発明の一例では、自動キーホール技術、造船でのプレート製造、パイプ突き合わせ溶接、アルミニウム装甲プレート、パイプシーム、フラクチャー修理、樹脂溶接、梁の組立に適応できる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1の方法を示す図、  
図2Aと図2Bは2つの異なる回転手段の側面図、  
図3は図1の方法を用いたアルミニウム合金の結合のマクロ断面図、

図4は結合線に関して可塑性材の流れと表面のマーキングを示す平面図、

図5は本発明の第2の方法を示す図、  
第6図はレシプロ移動に用いられるブレードの一例を示す図、

第7図は図5の方法によって作られた6mmの厚みのアモルファス可塑性材の突き合わせ結合の断面図、

図8は図5の方法を用いた6mm厚の半結晶熱可塑性材の突き合わせ結合の断面図、

図9a～図9cはアモルファス可塑性材（2つの6mmの厚みのプレート）の12mmのプレート重ね、アモルファス可塑性材でレシプロ移動による多数の突き合わせ結合、6.6mmガラスファイバ強化材料にレシプロ移動で突き合わせ結合を各々示すマクロ断面図、

図10は図5の方法による、重ねた結合、厚いPVCでの突き合わせ結合、少なくとも1つの透明可塑性材での多点突き合わせ結合、及びガラスファイバ強化可塑性材での突き合わせ結合を示す図、

図11はスカーフ結合を作るための図5の多動方法を示す図、

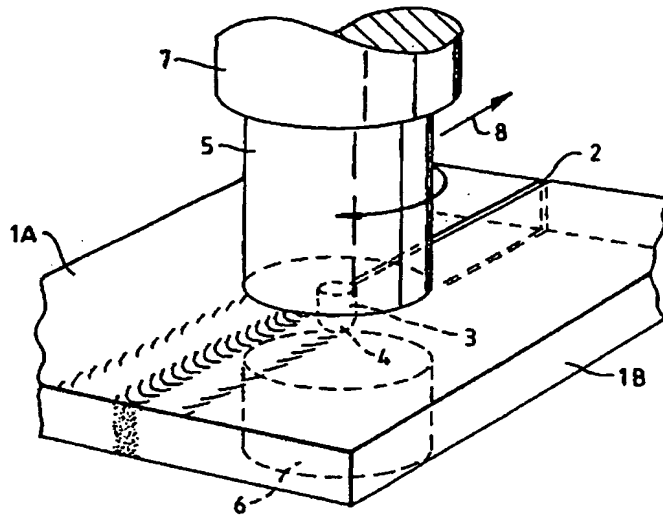
図12は第3の実施例の斜視図、側面図及び平面図、  
図13は図12の方法に用いるプローブの形の多種の例を示す図、

図14a及び図14bは別の実施例の側面図、及び上下の2つのプレートのパスでの構成のマクロ（×4）断面図、

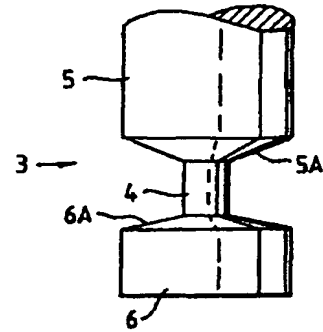
図15は図12の方法の変形でプローブが親材料に挿入されて取り込まれる例を示す図、

図16は図15の方法で挿入ブッシュ又はスタッドに適用されるプローブの一例を示す図である。

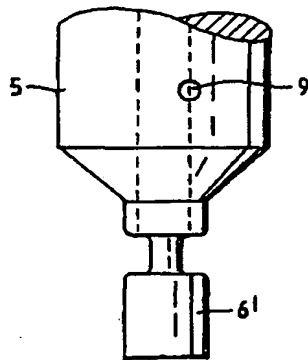
【第1図】



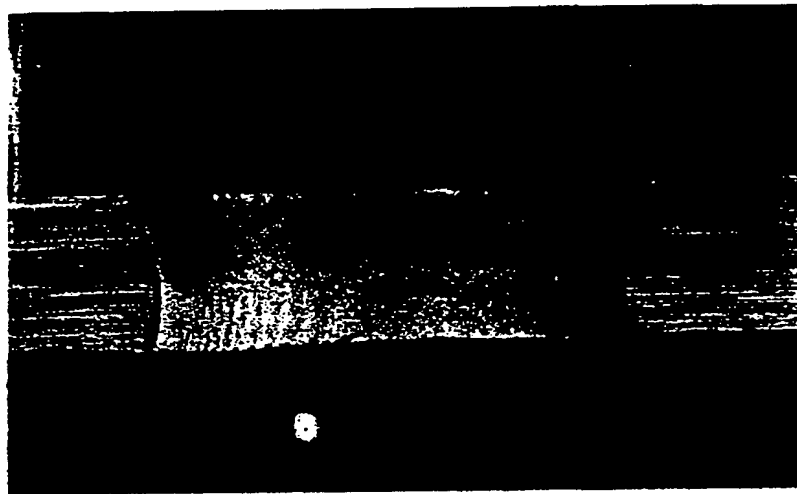
【第2A図】



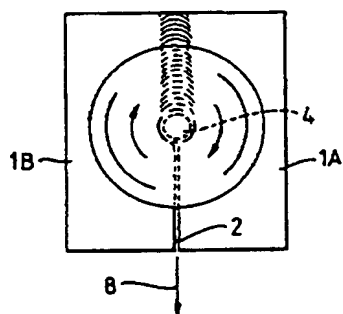
【第2B図】



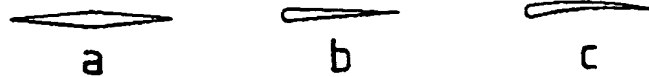
【第3図】



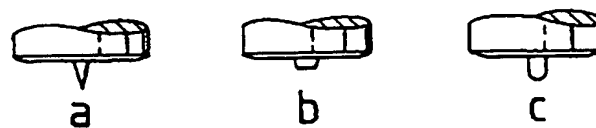
【第4図】



【第6図】

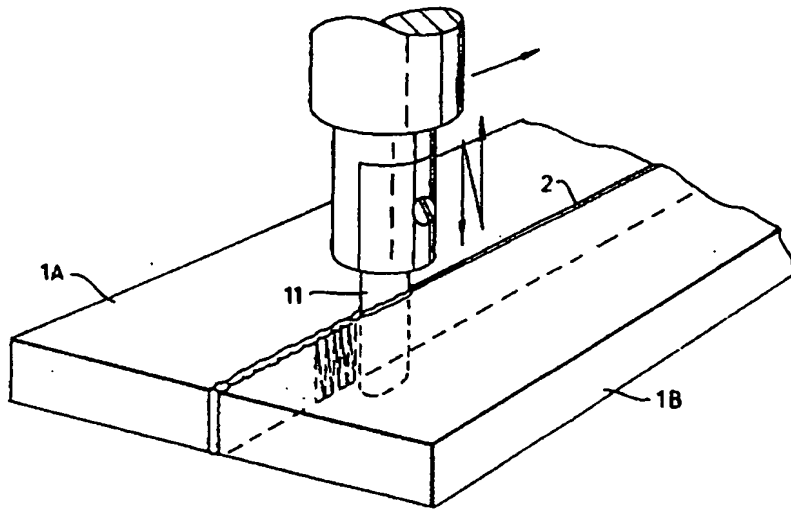


【第13図】

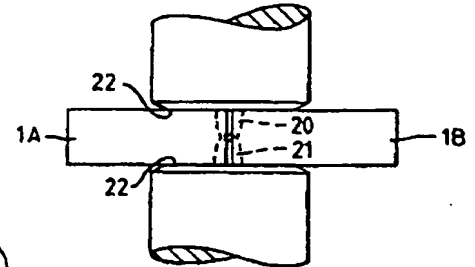


BEST AVAILABLE COPY

【第5図】



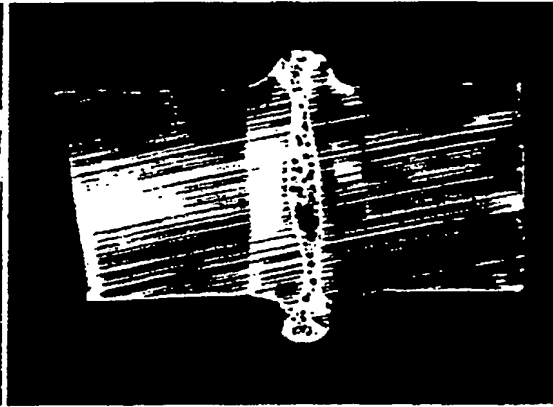
【第14a図】



【第7図】



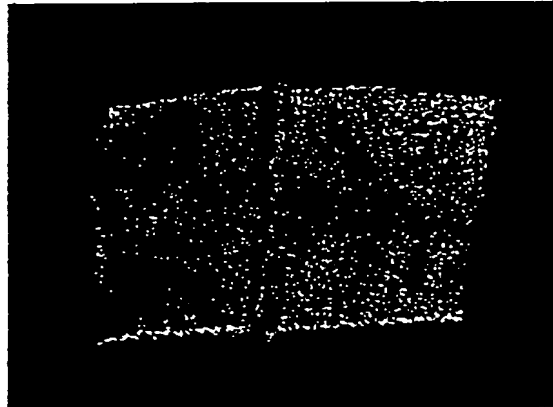
【第8図】



【第9b図】



【第9c図】



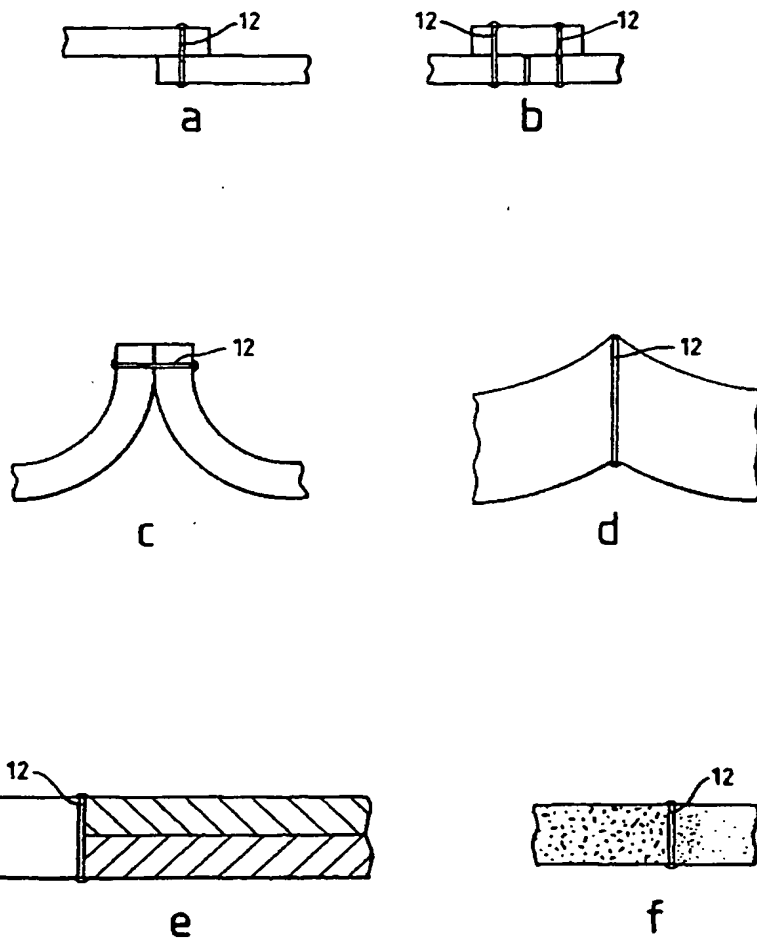
BEST AVAILABLE COPY



【第9a図】



【第10図】

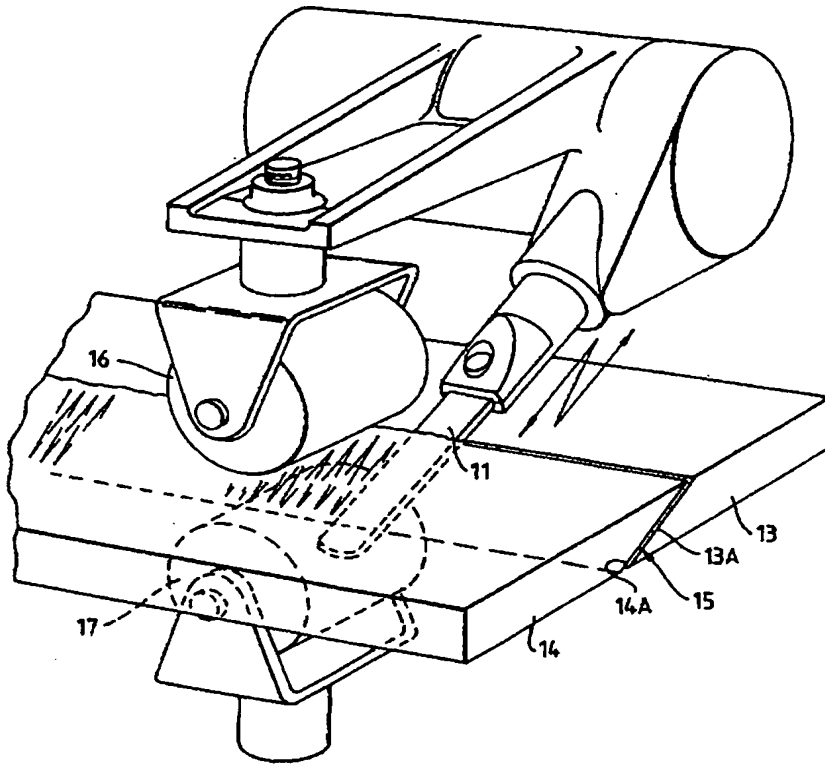


【第14b図】

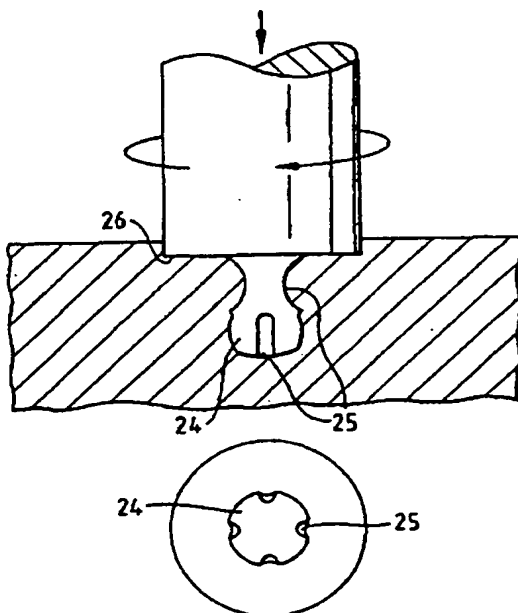


BEST AVAILABLE COPY

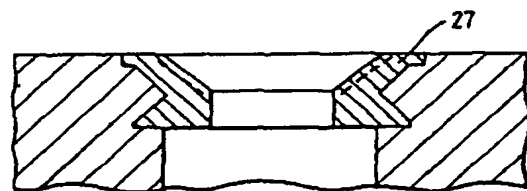
【第11図】



【第15図】

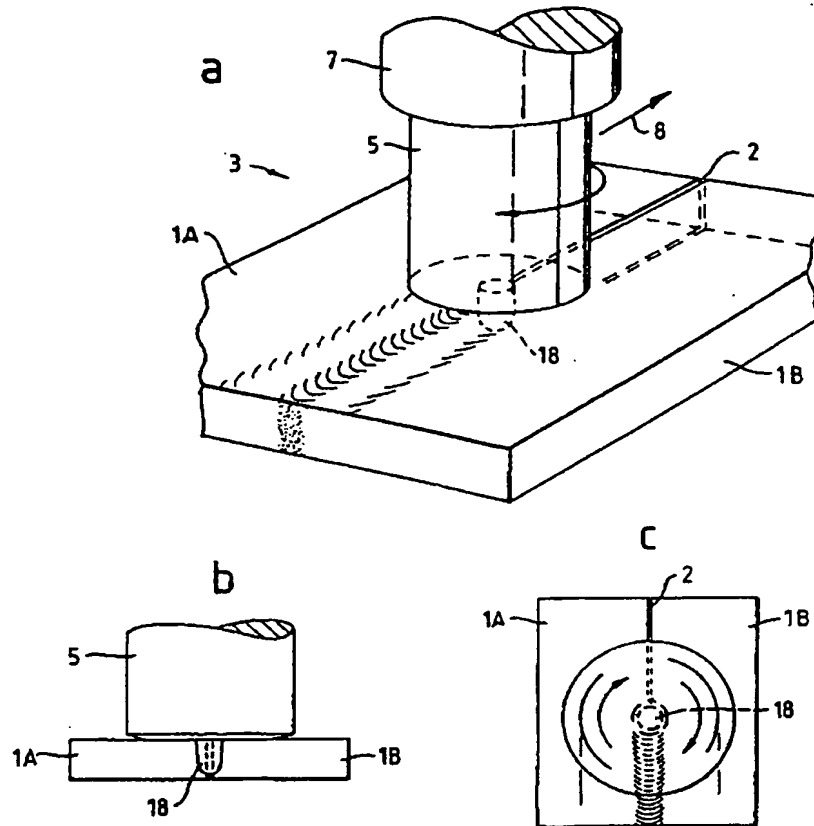


【第16図】



BEST AVAILABLE COPY

【第12図】



フロントページの続き

(72) 発明者 ニーダム ジェームス クリストファー  
イギリス国、エセックス、サフラン ウ  
オールデン、ブラックランズ クロース  
5 番地

(72) 発明者 ムーチ ミッシェル ジョージ  
イギリス国、エスジ-8 7 アールデ  
ィー、ハーツロイストン、トリップロ  
ー、ミドル ストリート 6 番地

(72) 発明者 テンブルースミス ピーター  
イギリス国、シービー5 9 イーティ  
ー、ケンブリッジ、ロード、ロード ロ  
ード 60 番地 ザ ヘイブン

(72) 発明者 ドウス クリストファー ジョン  
イギリス国、シビー2 4 ディージェ  
ィー、ケンブリッジシャー、ソーストン、  
クィーンズウェイ 9 番地

(56) 参考文献 特開 昭55-73490 (J P, A)  
実開 昭57-111521 (J P, U)  
特公 昭42-1845 (J P, B 1)

BEST AVAILABLE COPY